

## Diseño de vivienda para la ciudad de Córdoba, Argentina - Simulación energética y optimización

*Arq. María Pía Mazzocco<sup>1</sup>, Dra. Arq. Celina Filippín<sup>2</sup>*

### Resumen

El objetivo del trabajo es cuantificar el ahorro energético de una vivienda convencional de 100m<sup>2</sup> diseñada en un lote típico de una urbanización en la periferia de la ciudad de Córdoba (lat. 31°O, long. 64°S - altura SNM 474m). Para esto, se realiza la simulación energética mediante el programa SIMEDIF. Se proponen mejoras constructivas y de diseño para minimizar el consumo energético, se comparan resultados mediante la etiqueta energética según IRAM 11900 y se evalúa el sobrecosto por mejoras y período de amortización. Se concluye que es factible reformular el diseño, logrando reducir la carga necesaria para calefacción un 50% y la de refrigeración a menos de la tercera parte con respecto a la opción convencional. El sobrecosto por mejoras propuestas resulta en un 14,5% y el período de recupero de inversión en aislación en paredes resulta en 2,5 años si la energía consumida de calefacción proviene de gas envasado.

**Palabras clave:** eficiencia energética; simulación energética; SIMEDIF; ahorro energético; Córdoba.

## House designed for Córdoba city in Argentina - Energy simulation and optimization

### Abstract

The objective of this study is to quantify the energy efficiency of a conventional house of 100m<sup>2</sup>, in a typical outlying district, designed for Córdoba city (31°W, 64°S, 474 metres above sea level). For this, the energy simulation is performed using "SIMEDIF for building's thermal simulation" software. Construction and design improvements are proposed to minimize energy consumption. The results were compared using the energy label according to IRAM 11900 and the cost overrun for the improvements and payback period was evaluated. We conclude that it is feasible to reformulate the design without major modifications to the facade, reducing the load required for heating by 50 % and less than a third in cooling compared to the conventional option. The overrun by the proposed improvements resulting in 14,5% and the recovery period of investment in walls insulation is 2.5 years if the heating energy consumed comes from bottled gas.

<sup>1</sup> Profesional independiente. Córdoba Capital. TE 0351 6509685.

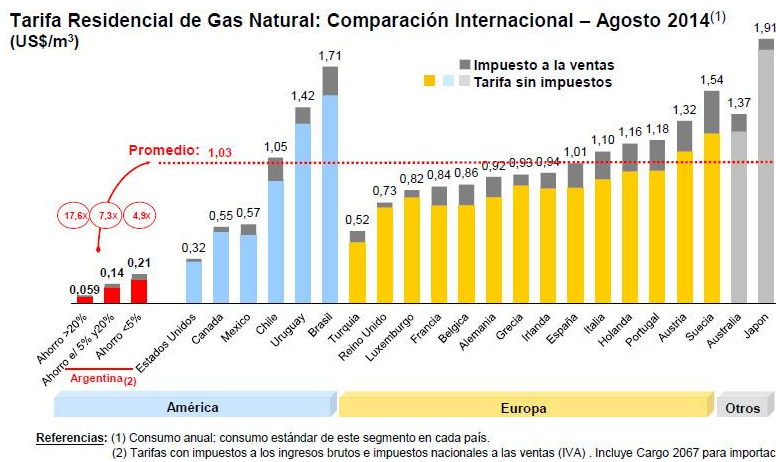
<sup>2</sup> CONICET, Av Spinetto 785, Santa Rosa, La Pampa, 6300- TE 02954 430910.

**Keywords:** energy efficiency; energy simulation; SIMEDIF; energy saving; Córdoba.

**Introducción**

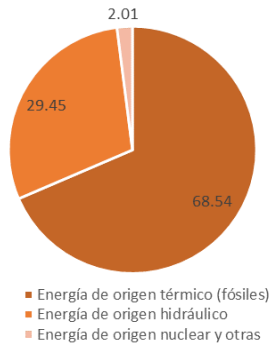
Aunque cada vez se presta más atención a la crisis energética que sufre el planeta, el comportamiento de los habitantes sigue siendo el mismo al de hace varias décadas atrás, y el hecho de no contar con una política energética clara desde el ámbito nacional acrecienta el problema. La construcción en Córdoba se desarrolla desde el sector privado sin planificación territorial municipal. Grandes redes de infraestructura se tienden para abastecer a las nuevas urbanizaciones en las que viven miles de personas que pagan por los servicios, a un bajo costo en relación a otros países (Fig. 1) como es el caso del gas natural, actualmente subsidiado por el Estado.

**Fig. 1.** Comparación internacional de tarifas de gas natural para el sector residencial. Valores de Agosto 2014.

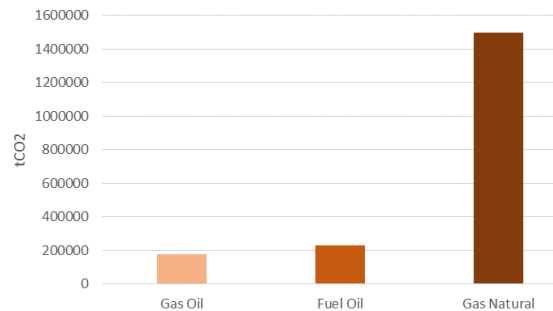


Fuente: Adigas - <http://www.adigas.com.ar/documentos/pdf/2014AgostoPreciosInternacionales.pdf>

**Fig. 2.** Origen de producción de energía eléctrica



**Fig. 3.** Emisiones por tipo de combustible



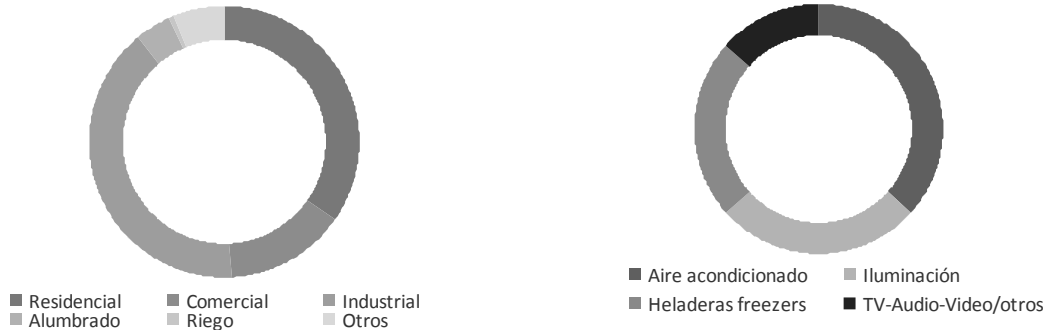
Fuente: Figuras realizadas por el autor en base a datos obtenidos de “Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba” Devalis, S. (Ed. Copiar 2003). Córdoba, Argentina.

Este hecho, sumado al crecimiento de la población y su capacidad de adquisición de equipos de aire acondicionado, ha elevado el consumo energético de manera exponencial en los últimos años. En la provincia de Córdoba el 69% de la producción de energía eléctrica es generada con combustibles fósiles, con el elevado nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> que conlleva (Fig. 2). La mayor cantidad de emisiones para la generación de energía eléctrica le corresponde al gas natural como combustible (Fig. 3), alcanzando una cifra de 1.499.322 tCO<sub>2</sub>.<sup>3</sup> En referencia al origen del consumo de energía eléctrica se puede observar que el 39.7% le corresponde al sector industrial, seguido por el 35% del

<sup>3</sup> Devalis, S. (Ed. Copiar 2003). Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba. Córdoba, Argentina.

residencial, lo cual determina la importancia de prestarle especial atención al ámbito de la vivienda (Fig. 4). Artefactos como aire acondicionado, heladeras y sistemas de iluminación representan el mayor porcentaje al que se destina el uso de energía eléctrica en el sector residencial (Fig. 5).

**Fig. 4.** Origen del consumo de energía eléctrica MWh **Fig. 5.** Consumo final de electricidad por artefacto (%)



Fuente: Figuras realizadas por el autor en base a datos obtenidos de "Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba" Devalis, S. (Ed. Copiar 2003). Córdoba, Argentina.

El hecho de que el gas natural se encuentre subsidiado por el Estado representa un gran riesgo para la conciencia colectiva de la población, que utiliza indiscriminadamente el servicio por el bajo costo que le significa. El consumidor final desconoce el origen de la producción de energía eléctrica y sus consecuencias en el medio ambiente y la implicancia que tiene el sector residencial en su consumo es elevada en relación a otros sectores, es por esto que tanto arquitectos como usuarios de las viviendas tienen un rol fundamental en la reducción del mismo. El uso de equipos de aire acondicionado y cantidad de horas de iluminación pueden disminuirse con un adecuado diseño arquitectónico aprovechando el sol como recurso y optimizando materiales y sistemas constructivos. En los últimos 20 años el crecimiento de la ciudad de Córdoba se ha basado en la densificación de barrios próximos al área central y en el desarrollo de urbanizaciones en la periferia, generando estas últimas una fragmentación espacial caracterizada por la presencia tanto de los conjuntos residenciales de altos ingresos (barrios cerrados/privados) como de los barrios y asentamientos que concentran situaciones de vulnerabilidad social y pobreza<sup>4</sup>. Una de las consecuencias de este proceso de urbanización en la periferia es la demanda de extensión de infraestructura y servicios para estos barrios privados, la cual se ve satisfecha por las mismas empresas desarrollistas. Servicios como agua y luz en general son provistos sin problemas, no siendo el caso del gas natural, debiendo preverse la utilización de gas envasado para satisfacer la necesidad. Como objetivo se plantea el estudio de un diseño de vivienda tipo de 100m<sup>2</sup> aprox. ubicada en un loteo en las afueras de la ciudad de Córdoba, evaluando su comportamiento térmico mediante la simulación energética a través del programa de "SIMEDIF para simulación térmica de edificios". A partir de los resultados obtenidos se proponen mejoras constructivas y de diseño para optimizar los resultados y minimizar el consumo energético.

## Metodología

Se desarrolla un diseño de vivienda convencional para la ciudad de Córdoba. Se define la zona bioambiental para el proyecto según IRAM 11603:1996 y los elementos constructivos que conforman los distintos tipos de envoltentes y se calcula su coeficiente de transmitancia térmica según IRAM 11605:1996. Se evalúa el comportamiento térmico horario de la vivienda para invierno y verano y se

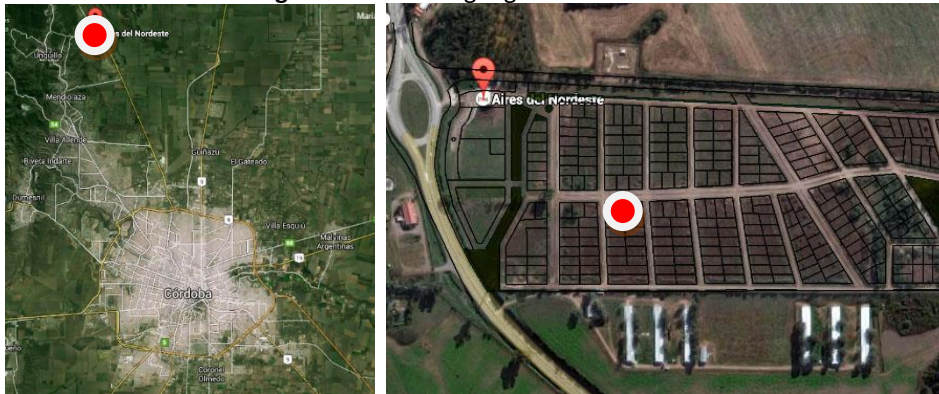
<sup>4</sup> Marengo, C. et al. (2006). *La periferia de Córdoba – cuestiones sobre hábitat urbano*. Córdoba, Argentina.

calculan las necesidades de refrigeración y calefacción auxiliares que necesitará en ambos períodos. Luego se desarrolla la misma metodología para la misma vivienda pero con estrategias de mejora constructivas y de diseño. Se calcula la etiqueta energética con el procedimiento indicado en la Norma IRAM 11900:2010 para ambas propuestas y se comparan resultados. También se evalúan costos y período de amortización de las mejoras propuestas.

### 1- Localización y descripción climática

El lugar de implantación de la vivienda (Fig. 6) se plantea en un barrio cerrado ubicado en las afueras de la ciudad de Córdoba (lat. 31°O, long. 64°S - altura SNM 474m), es por esto que se toman los datos correspondientes a la estación Meteorológica ubicada en el Aeropuerto. La zona bioambiental es la IIIA. El lote es de 350m<sup>2</sup>, superficie muy común para este tipo de urbanizaciones. La normativa del barrio establece un Factor de Ocupación del Suelo del 50%, un Factor de Ocupación Total de 0,5 y retiros de 3m de frente y 1.50m hacia las medianeras; Este tipo de reglamentación permite diseñar las cuatro fachadas de la vivienda (con limitaciones de visuales hacia los terrenos linderos) y genera una mayor pérdida y ganancia de energía entre una vivienda y otra al no estar adosadas.

Fig. 6. Localización geográfica



Fuente: <https://www.google.com.ar/maps>

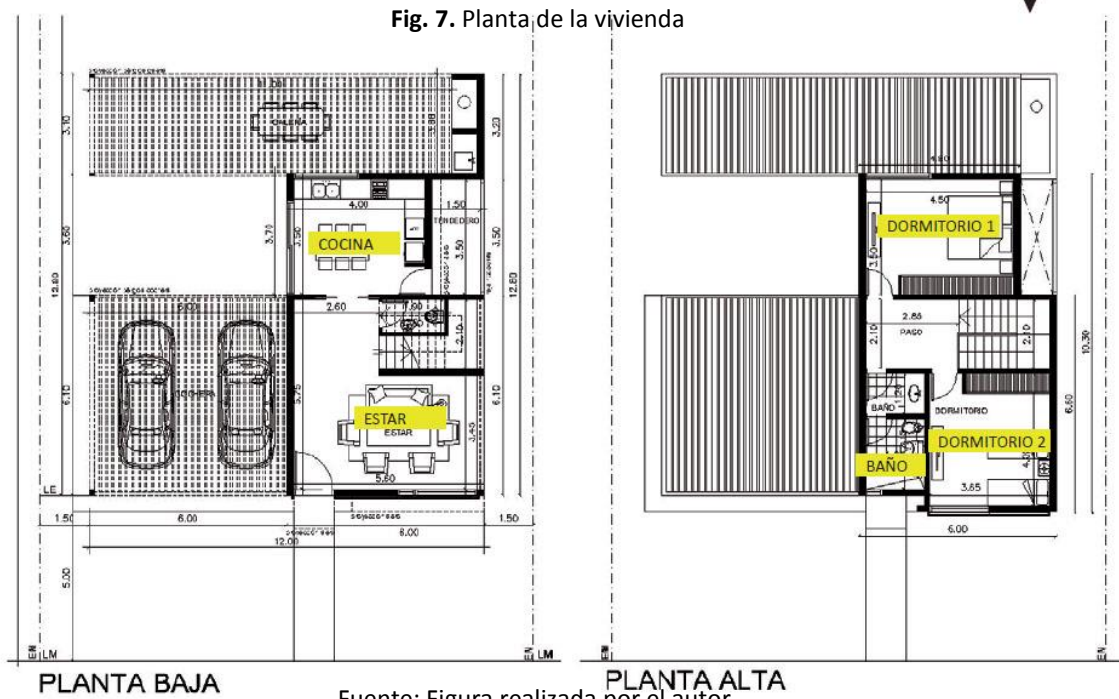
Tabla 1. Datos climáticos

	Anual	Enero	Julio
Temperatura	Máxima media (°C)	31,5	19,6
	Mínima media (°C)	10,4 °C	2,1
	Media (°C)		23,65
Amplitud térmica (°C)		15,7	17,5
Velocidad media de viento (km/h)	11,3	10,3	10,9
Radiación global horizontal (Kw/m <sup>2</sup> a Mj/m <sup>2</sup> )	16 Mj/m <sup>2</sup> 4,5 Kw/m <sup>2</sup>	22,7 Mj/m <sup>2</sup> 6,3 Kw/m <sup>2</sup>	9,4 Mj/m <sup>2</sup> 2,6 Kw/m <sup>2</sup>
Humedad relativa	69%	72%	70%
Grados día de calefacción (base 18°C)	748		
Grados días de enfriamiento (base 20°C)	392		
Temperatura exterior de diseño		33,1°C	0,5°C
Densidad del aire		1,14 kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (Córdoba Aero, período 1981 - 1990)-Norma IRAM 11603:1996 - Rosi Gallegos y Righini, 2007.

El clima de la ciudad de Córdoba es templado moderado con las cuatro estaciones bien definidas. En términos generales el clima es pampeano, de inviernos no muy fríos y poco lluviosos. Los veranos son húmedos, con días calurosos y noches frescas. Los vientos del este y del oeste son raros, de corta duración y poca intensidad. Existe una diferencia de 5°C ó más entre el área céntrica y la periferia. El área céntrica, densamente edificada y ubicada en una depresión, es el núcleo de una importante isla de calor. Se establecen los datos climáticos de la zona de estudio en la tabla 1.

## 2- Diseño de la vivienda propuesta



**Fig. 8. Fachada de la vivienda**

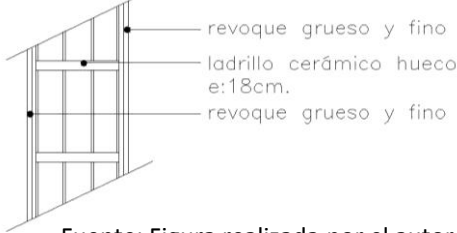


El proyecto de la vivienda se dispone en dos plantas, partiendo de 100m<sup>2</sup> con posibilidad de ampliación a futuro (Figs. 7 y 8). Las paredes externas se proponen de ladrillo cerámico hueco de 18cm de espesor con revoque en ambas caras (Fig. 9), pintadas color gris oscuro hacia el exterior, con un K de 1,42 W/m<sup>2</sup>°C, a excepción del dormitorio 2 que sería color blanco. Los muros internos serían de ladrillo cerámico hueco de 12cm revocado en ambas caras y pintados color blanco. Se realiza la verificación de K para muros exteriores según Norma IRAM 11605:1996, para los tres niveles (tabla 2). En este análisis se toma en cuenta el coeficiente de absorción del muro propuesto, que en este caso sería de 0,75. Los resultados demuestran que no cumple con los valores recomendados por la norma. La cubierta de techo (Fig. 10) se propone de losa de viguetas prefabricadas, hormigón de pendiente con vermiculita y membrana hidrófuga. El coeficiente de absorción utilizado es de 0,30 (color gris claro). Se realiza la verificación de K para techo según Norma IRAM 11605:1996 y con un coeficiente de 0,87 W/m<sup>2</sup>°C se observa que sólo verifica para el nivel C (mínimo) tanto para invierno como para verano (tabla 3). El valor de K para piso (Fig. 11) es de



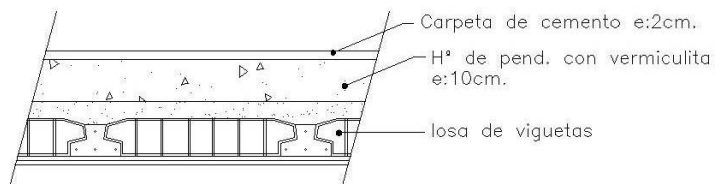
1,55W/m<sup>2</sup>°C, y para entpiso de 3,34W/m<sup>2</sup>°C (Fig. 12); el de las ventanas es de 5 W/m<sup>2</sup>°C (vidrio incoloro común con cortinas internas).

**Fig. 9.** Envoltente vertical exterior



Fuente: Figura realizada por el autor.

**Fig. 10.** Envoltente horizontal: techo



Fuente: Figura realizada por el autor.

**Tabla 2.** Verificación de K en envolvente vertical

Ut = 1,42 W/m <sup>2</sup> °C	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica
Verano	0,19	NO	0,48	NO	0,76	NO
Invierno	0,32	NO	0,83	NO	1	NO

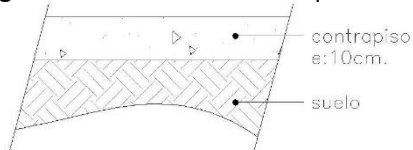
Fuente: Tabla realizada por el autor en base a Norma IRAM 11605:1996

**Tabla 3.** Verificación de K en techo

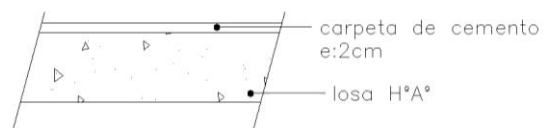
Ut = 0,87 W/m <sup>2</sup> °C	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica
Verano	0,25	NO	0,62	NO	0,99	SÍ
Invierno	0,32	NO	0,83	NO	1	SÍ

Fuente: Tabla realizada por el autor en base a Norma IRAM 11605:1996

**Fig. 11.** Envoltente horizontal: piso



**Fig. 12.** Envoltente horizontal: entpiso

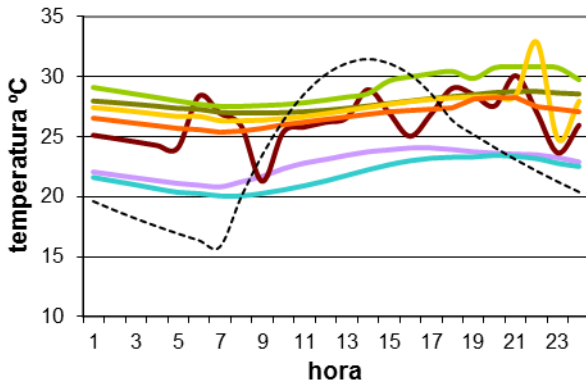


Fuente: Figuras realizadas por el autor.

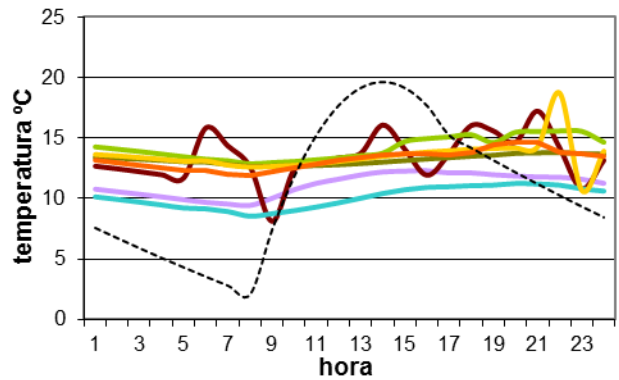
Se realiza la simulación energética mediante el programa SIMEDIF en un período periódico permanente de 10 días, en el cual las temperaturas medias y la radiación son iguales, y se grafica el penúltimo día cuando el sistema entra en régimen. Se consideran ganancias internas en base a la actividad de una pareja con 2 hijos y se tienen en cuenta los artefactos eléctricos tales como heladera, cafetera, tv., secador de pelo y luminarias de bajo consumo, como así también las ganancias producidas durante la cocción de alimentos. El número de renovaciones por hora es de 0,6, teniendo en cuenta que se trata de carpinterías de aluminio con altos niveles de hermeticidad.<sup>5</sup> De acuerdo a la Figura 13, en *verano* la mayoría de los locales se encuentran fuera de la zona de confort (considerada entre 18°C y 26°C); las máximas temperaturas son alcanzadas después de las 13hs. y comienzan a descender recién después de las 23hs. El dormitorio 1 (Sur) llega a tener más de 31°C. La elevada temperatura puede deberse a las dimensiones de las aberturas y el color oscuro de la superficie expuesta a la radiación, así como la ausencia de aislación térmica en techo y envoltentes que limiten el paso del calor. En la figura 14 se observa que en *invierno* todos los locales de la vivienda se encuentran muy por debajo de la zona de confort; el dormitorio 1 (Sur) registra una temperatura mínima de 12°C a las 7:00hs; el dormitorio 2 (Norte) alcanza una temperatura de 12°C a las 6:00hs y el estar presenta una temperatura de entre 10° y 12°C a partir de las 9:00 de la mañana.

<sup>5</sup> Para el cálculo ninguno de los ambientes de la vivienda se consideró climatizado.

**Fig. 13.** Temperaturas horarias de locales: verano.



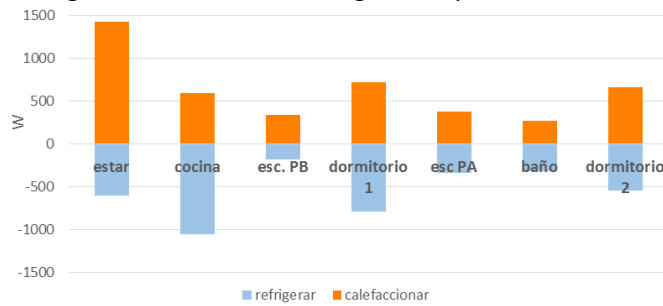
**Fig. 14.** Temperaturas horarias de locales: invierno.



Fuente: Figuras realizadas por el autor.

Sobre la base de la simulación energética se supone la termostatación de los locales a 23°C para cuantificar las necesidades de refrigeración y calefacción que se necesitan para alcanzar dicha temperatura (Fig. 15), considerada confortable. Se observa que se requieren 4.432W para calefaccionar toda la vivienda (3.811 Kcal/h). A su vez se necesitarían 3.842W para refrigerarla en verano, equivalentes a 3.300 Frig/h.

**Fig. 15.** Necesidades de refrigeración y calefacción auxiliares.



Fuente: Figura realizada por el autor.

### 3- Diseño de la vivienda propuesta con mejoras

**Fig. 16.** Fachada de la vivienda

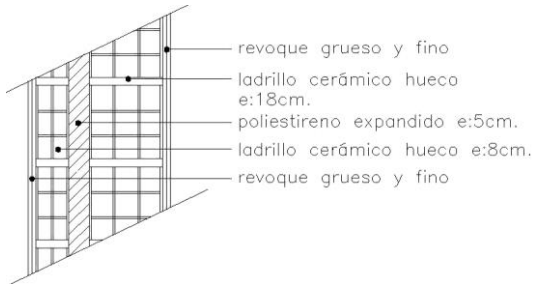


Fuente: Figura realizada por el autor.

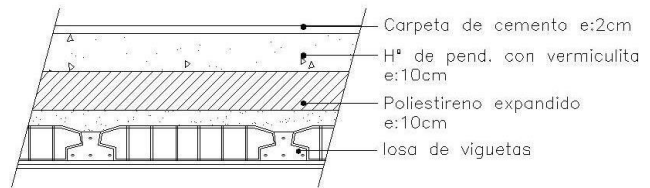
Se propone cambiar color de pintura de fachada (Fig. 16) por otro de menor coeficiente de absorción (0,20 para color blanco); colocar ventanas con doble vidriado hermético y parasoles externos; disminuir el tamaño de la abertura del dormitorio 2 (Norte) para minimizar el sobre calentamiento en verano (estación más crítica para Córdoba); eliminar aberturas al Oeste y generar una nueva ventana en la parte superior del dormitorio 1 (Sur) para aumentar ganancias en invierno; sombrear la

pared Oeste y la pérgola de la cochera con vegetación. A los muros exteriores de ladrillo cerámico hueco se le suma una placa de poliestireno expandido de 5cm de espesor y se completa con ladrillo cerámico hueco de 8cm (Fig. 17), lo que disminuye el K a 0,42 W/m<sup>2</sup>°C, valor tres veces menor al que presenta la opción convencional. Se realiza la verificación según Norma IRAM 11605:1996 y se comprueba que es favorable para los niveles B y C y para el nivel A en verano (Tabla 4). En el caso de la envolvente horizontal de techo (Fig. 20) se coloca una placa de poliestireno expandido de 10cm de espesor, reduciéndose el valor de K a 0,25 W/m<sup>2</sup>°C. Se verifica como en el caso anterior, resultando favorable para los tres niveles (Tabla 5).

**Fig. 17.** Envolvente vertical exterior



**Fig. 18.** Envolvente horizontal: techo



Fuente: Figuras realizadas por el autor.

**Tabla 4.** Verificación de K en envolvente vertical alternativa

Ut = 0,42 W/m <sup>2</sup> °C	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica
Verano	0,6	SI	1,5	SÍ	2,4	SÍ
Invierno	0,38	NO	1	SÍ	1,85	SÍ

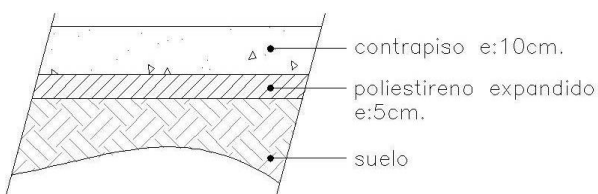
Fuente: Tabla realizada por el autor en base a Norma IRAM 11605:1996

**Tabla 5.** Verificación de K en envolvente horizontal de techo alternativa

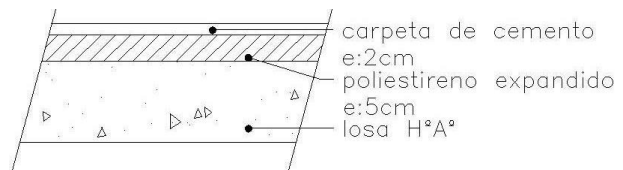
Ut = 0,25 W/m <sup>2</sup> °C	Nivel A		Nivel B		Nivel C	
	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica	W/m <sup>2</sup> °C	Verifica
Verano	0,6	SI	1,5	SÍ	2,4	SÍ
Invierno	0,6	SI	1	SÍ	1,85	SÍ

Fuente: Tabla realizada por el autor en base a Norma IRAM 11605:1996

**Fig. 19.** Envolvente horizontal: piso



**Fig. 20.** Envolvente horizontal: entrepiso



Fuente: Figuras realizadas por el autor.

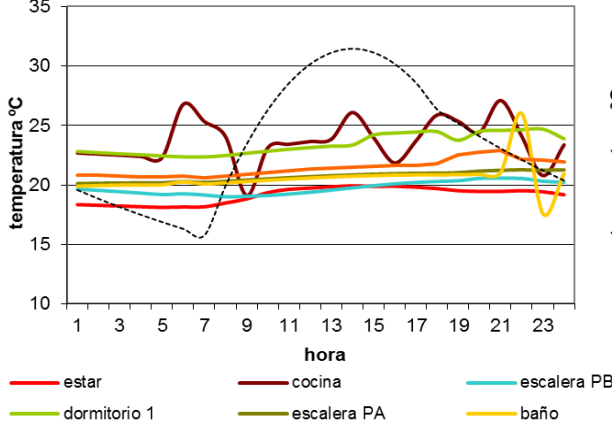
El valor de K para piso se reduce a 0,54W/m<sup>2</sup>°C y el del entrepiso a 0,58W/m<sup>2</sup>°C con la incorporación de 5cm de poliestireno expandido en ambos casos (Figs. 19 y 20). Al aislar el entrepiso se disminuyen las ganancias y pérdidas de calor por transferencia entre un ambiente y otro: en verano la planta alta alcanza mayores temperaturas que la planta baja y en invierno se conserva el calor obtenido por captación. El valor de K para el tipo de abertura propuesta (DVH) es de 2.15 W/m<sup>2</sup>°C. Se realiza nuevamente la simulación energética <sup>6</sup> con renovaciones/hora de 0,6 y las mismas características de ocupación y, tal como se observa en la figura 21, en *verano* los locales en su mayoría se encuentran dentro de la zona de confort gracias al cambio de color en fachada y la incorporación de las

<sup>6</sup> Para el cálculo ninguno de los ambientes de la vivienda se consideró climatizado.

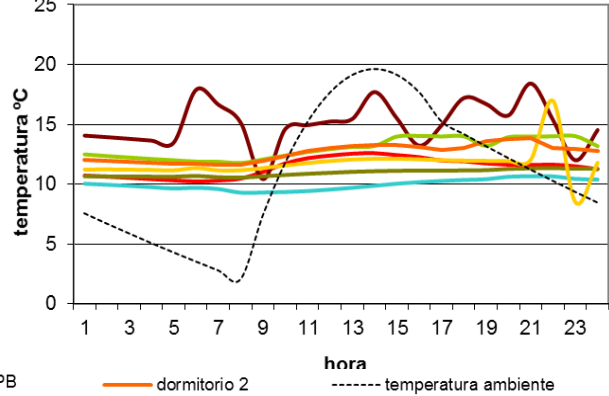


aislaciones correspondientes en muros, techo, piso y entrepiso. Se logra una importante reducción de ganancias en el dormitorio 1 (Sur), que alcanza una temperatura máx. de 24,7°C a las 23hs.; con la simple acción de apertura de las ventanas a partir de las 19:00hs. este valor podría disminuir aun más. La temperatura del dormitorio 2 (Norte) disminuye considerablemente al achicar el ventanal y proporcionar protección externa con parasoles; la temperatura máx. alcanzada es de 22,9°C a las 21:00hs. La cocina es el lugar de la vivienda con mayor fluctuación de temperaturas debido a las actividades de los ocupantes y los efectos del uso de artefactos que son fuente de calor. La temperatura máx. que alcanza el estar es de 19,9°C a las 14:00hs.

**Fig. 21.** Temperaturas horarias de locales: verano.



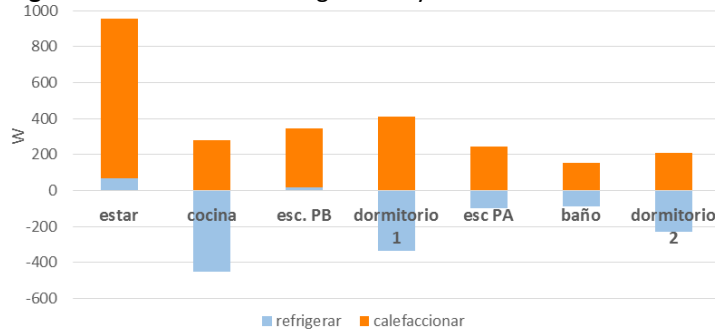
**Fig. 22.** Temperaturas horarias de locales: invierno.



Fuente: Figuras realizadas por el autor.

En *invierno*, de acuerdo a la figura 22, si bien los locales se encuentran fuera de la zona de confort, las necesidades de calefacción en invierno logran reducirse a la mitad con respecto a la opción convencional. La temperatura mínima del estar es de 10,2°C a las 6:00 hs.; la del dormitorio 1 (sur) es de 11,7°C a las 7:00hs y asciende a 14°C a partir de las 16:00hs. El dormitorio 2 (norte), según los resultados de la simulación, presenta una temperatura mínima de 11,5°C a las 7:00hs y luego alcanza los 13,8°C a las 20:00hs. Según los resultados, mientras que la temperatura exterior presenta una amplitud térmica diaria de 17,5°C con una mínima de 2,1°C y una máxima de 19,6°C, el interior mantiene la temperatura constante con una temperatura media de aproximadamente 12°C.

**Fig. 23.** Necesidades de refrigeración y calefacción auxiliares.



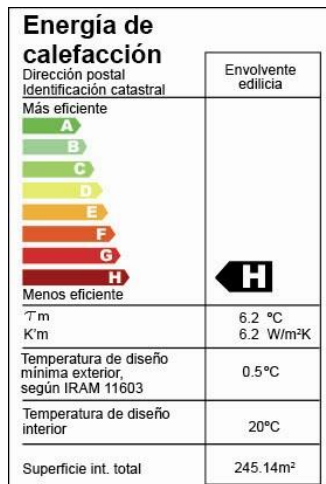
Fuente: Figura realizada por el autor.

Se calculan nuevamente las necesidades de refrigeración y calefacción auxiliares (Fig. 23) y los resultados determinan que se necesitarían 1.122,55W para enfriar la vivienda en verano, equivalentes a 965,2 Frig/h y 2.514,35W en invierno, equivalentes a 2.161,8 Kcal/h.

#### 4- Etiqueta energética de calefacción

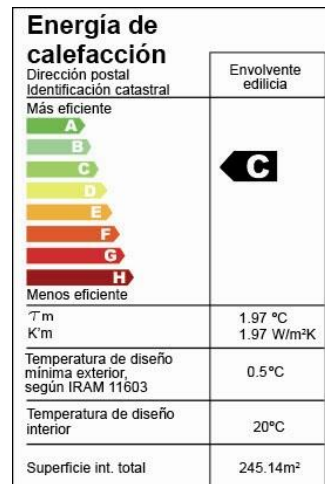
Según la Norma IRAM 11900:2010, el nivel de eficiencia energética de calefacción para la opción convencional sería categoría H al tener una  $T_m$  de 6,16°C (Fig. 24), pero al incorporar las mejoras constructivas y de diseño de la vivienda se lograría alcanzar la categoría C con un  $T_m$  de 1,97°C (Fig. 25). El rediseño de aberturas y la colocación de elementos de protección y aislaciones en las envolventes permitieron mejorar su desempeño y minimizar el consumo energético.

Fig. 24. Etiqueta energética opción convencional



Fuente: Figura realizada por el autor.

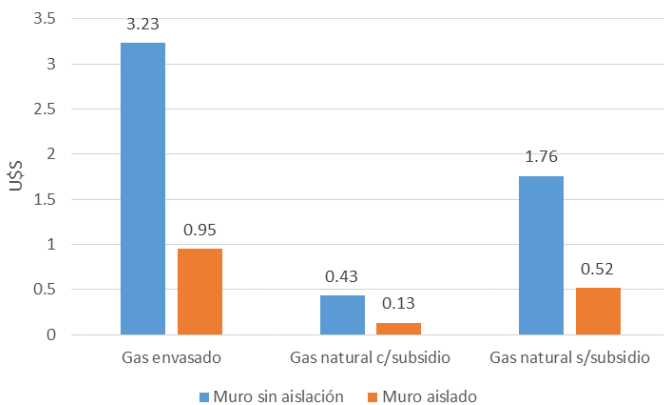
Fig. 25. Etiqueta energética opción con mejoras



Fuente: Figura realizada por el autor.

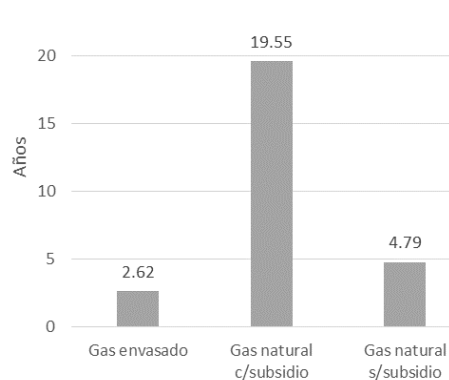
#### 6- Evaluación económica

Fig. 26. Costo anual energía de calefacción U\$S/m³



Fuente: Figura realizada por el autor

Fig. 27. Periodo de recuperado de inversión



Fuente: Figura realizada por el autor

Tal como se muestra en la figura 26, se realiza un análisis comparativo del costo anual de energía de calefacción por m³, teniendo en cuenta a su vez el tipo de combustible utilizado y su precio actual (0,97 U\$S/m³ para gas envasado; 0,13 U\$S/m³ para gas natural con subsidio; 0,53 U\$S/m³ para gas natural sin subsidio<sup>7</sup>). Para el cálculo se tuvieron en cuenta los 748 grados día de calefacción (base 18°C) según zona bioambiental, un 70% de eficiencia del sistema y el poder calorífico del gas natural

<sup>7</sup> Asociación de Distribuidores de Gas (ADIGAS). Comparación Internacional de Tarifas de Gas Natural para Clientes Residenciales e Industriales a agosto 2014 (2014). Recuperado en noviembre de 2015 de <http://www.adigas.com.ar/documentos/pdf/2014AgostoPreciosInternacionales.pdf>.

de 37.300 MJ. Los resultados demuestran que el costo de calefacción con gas envasado de la vivienda utilizando una envolvente convencional de ladrillo cerámico hueco sin aislación supera tres veces aproximadamente al de una envolvente aislada térmicamente. El período de recupero de la inversión en aislación térmica para el tipo de muro propuesto es de 2,5 años si se consume gas envasado durante el período de uso y de casi 5 años si se utiliza gas natural sin el subsidio del Estado. Normalmente las empresas desarrollistas venden los terrenos con la promesa del gas natural a futuro, pero hasta ese momento (suele ser un período no menor a 2 años) las viviendas deben abastecerse mediante gas envasado. En la tabla 6 se deduce sobrecosto de construcción de la vivienda por la incorporación de las mejoras propuestas en paredes, piso, entrepiso, techo y aberturas, determinando una variación porcentual del 14,5% con respecto a la opción convencional.

**Tabla 6.** Evaluación económica comparativa en \$ (materiales + mano de obra)

vivienda convencional	\$/m2	m2	total \$	vivienda mejorada	\$/m2	m2	\$ total	variación porcentual
pared lad. cer.	557,40	99,70	55.572,78	muro doble aisl.	715,70	101,70	72.786,69	28,40%
platea de HºAº	1.707,00	50,00	85.350,00	platea aislada	1.763,70	50,00	88.185,00	3,32%
losa maciza ent	1.168,80	44,43	51.929,78	entrep. aislado	1.225,50	44,43	54.448,97	4,85%
losa viguetas	1.238,30	50,45	62.472,24	losa vig. aisl.	1.351,70	50,45	68.193,27	9,16%
Vidrios 3mm	237,68	39,96	9.497,69	DVH 3+3mm	521,20	37,96	19.784,75	119,28%
<b>TOTAL</b>			<b>264.822,49</b>				<b>303.398,67</b>	<b>14,50%</b>

Fuente: Tabla realizada por el autor en base a datos extraídos de revista "Arquitectos" Nº150 Julio-Agosto2015.

## Conclusiones

El análisis comparativo entre ambas viviendas propuestas demuestra la eficacia de aplicar criterios bioclimáticos en el proyecto de arquitectura. Es posible mediante la simulación energética evaluar el comportamiento térmico y mejorar y reformular el diseño de acuerdo a los resultados que se van obteniendo con el cálculo, sin que esto implique grandes modificaciones en la imagen externa. Dado que la hipótesis de trabajo fue considerar las dos estaciones extremas, se buscó un equilibrio entre los resultados tanto para invierno como para verano. Si bien las curvas de temperaturas máx. en invierno disminuyen con las mejoras, las mínimas no bajan y se logra una temperatura interior más constante, logrando reducir la carga necesaria para calefacción en un 50%. En verano las necesidades de refrigeración disminuyen a menos de la tercera parte de la opción convencional, lo cual para un clima como el de Córdoba representaría un ahorro significativo en consumo eléctrico por equipos de aire acondicionado. La etiqueta energética de eficiencia en calefacción es un indicador útil a la hora de evaluar el desempeño de la envolvente de una vivienda y permitió saber rápidamente qué parámetros modificar para mejorar el comportamiento térmico en base a los coeficientes de transmitancia térmica y superficies expuestas a radiación. Los resultados demuestran que es factible realizar una primera inversión en la construcción de la vivienda con un sobrecosto del 14% para el total de las mejoras que permite amortizarla en pocos años si se tiene en cuenta que la energía de calefacción proviene de gas envasado o gas natural sin subsidio.

## Bibliografía

- Asociación de Distribuidores de Gas (ADIGAS). Comparación Internacional de Tarifas de Gas Natural para Clientes Residenciales e Industriales a agosto 2014 (2014). Recuperado en noviembre de 2015 de <http://www.adigas.com.ar/documentos/pdf/2014AgostoPreciosInternacionales.pdf>.
- Devalis, S. (Ed. Copiar 2003). Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba. Cba., Argentina.
- Gobierno de la Provincia de Córdoba, portal web. Aspectos generales del clima (2014). Recuperado en noviembre de 2015 de <http://www.cba.gov.ar/provincia/aspectos-generales/clima/>
- Grossi Gallegos H. y Righini R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Versión CD.
- Marengo, C. et al. (2006). *La periferia de Córdoba—cuestiones sobre hábitat urbano*. Cba., Argentina.
- Norma IRAM 11601:2002. *Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Norma IRAM 11603:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Norma IRAM 11605:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Norma IRAM 11900:2010. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.
- Precios de rubros en arquitectura. *Arquitextos*. Julio-agosto de 2015. Nº150 p. 170.
- Simedif bajo Windows. Flores Larsen; Lesino, 2001.

## Autores

**Celina Filippín** es arquitecta (UNLP), Magíster en Energías Renovables (UNSA), Doctora en Ciencias, Especialidad Energías Renovables por la Facultad de Ciencias Exactas (UNSA); investigadora Principal de CONICET; Miembro Junta de Calificación y Promoción CONICET. [cfilippin@cpenet.com.ar](mailto:cfilippin@cpenet.com.ar)

**María Pía Mazzocco** es arquitecta (UNC 2008). Miembro activo del Instituto de Arquitectura Sustentable del Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba (2011). Desarrolla la actividad profesional de manera independiente. [piamazzocco@gmail.com](mailto:piamazzocco@gmail.com)